MEGOLDÁSOK ÉS PONTOZÁSI ÚTMUTATÓ

1. Egy kerékpáros szakaszonként egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. Megtett útjának első hatodát 36 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ nagyságú sebességgel, útjának további kétötödét 6 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ nagyságú sebességgel , az útjának további négytizenötödét 8 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ nagyságú sebességgel teszi meg. A hátralevő út nagysága 10 km, amit a kerékpáros az előző utakra számolt átlagsebesség másfélszeresével tesz meg.
a) Mennyi idő alatt tette meg a kerékpáros a teljes utat?
b) Mennyi a kerékpárosnak a teljes útra vonatkozó átlagsebessége $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ egységekben?

Adatok:
$s_1 = \frac{s}{6}$, $s_2 = \frac{2\cdot s}{5}$, $s_3 = \frac{4\cdot s}{15}$, $s_4 = 10\ \text{km}$, $v_1 = 36\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_2 = 6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_3 = 8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_4 = 1{,}5\cdot(v_{\text{átl}})_1$
a) t= ?, b) $v_{\text{átl}}$=?.

Megoldás:
a) A megtett útra nézve fennáll, hogy, azaz $\frac{s}{6} + \frac{2\cdot s}{5} + \frac{4\cdot s}{15} + 10\ \text{km} = s$, $\frac{5+12+8}{30}\cdot s + 10\ \text{km} = s$,

ahonnan $\frac{5}{30}\ s = 10\ \text{km}$, így $s = 60$ km. 1 pont

Az első útszakasz megtételéhez szükséges idő: $t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{10\ \text{km}}{10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1000\ \text{s}$.

A második útszakasz megtételéhez szükséges idő: $t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{24\ \text{km}}{6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 4000\ \text{s}$.

A harmadik útszakasz megtételéhez szükséges idő: $t_3 = \frac{s_3}{v_3} = \frac{16\ \text{km}}{8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2000\ \text{s}$. 1+1+1 pont

Az első három útszakaszra vonatkoztatott átlagsebesség:

$$(v_{\text{átl}})_1 = \frac{s_1+s_2+s_3}{t_1+t_2+t_3} = \frac{s_1+s_2+s_3}{\frac{s_1}{v_1}+\frac{s_2}{v_2}+\frac{s_3}{v_3}} = \frac{50\ \text{km}}{\frac{10\ \text{km}}{10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}+\frac{24\ \text{km}}{6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}+\frac{16\ \text{km}}{8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \frac{50}{7}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7{,}14\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$ 2 pont

A negyedik útszakasz megtételéhez szükséges idő:

$$t_4 = \frac{s_4}{v_4} = \frac{s_4}{1{,}5\cdot(v_{\text{átl}})_1} = \frac{10\ \text{km}}{1{,}5\cdot 7{,}14\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 933{,}7\ \text{s}.$$ 3 pont

A teljes út megtételéhez szükséges idő: $t_{\text{össz}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 7933{,}7\ \text{s}$. 2 pont

b) A teljes útra vonatkozó átlagsebesség:

$$v_{\text{átl}} = \frac{s}{t_{\text{össz}}} = \frac{60\ \text{km}}{7933{,}7\ \text{s}} = 7{,}56\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 27{,}22\ \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$ 4 pont

2. Motorkerékpár tömege ugyanakkora, mint a rajta ülő emberé. A kerekek és a csúszós úttest között a tapadási súrlódási együttható 0,2, a motoros csizmatalpa és az úttest közötti csúszási súrlódási együttható 0,3. Ha a motoros fékezés közben mindkét lábát leteszi a földre, akkor a fékút $\frac{8}{9}$-ed része annak, mintha nem tette volna le a lábát.

a) Saját súlyának hány százalékával nyomta lábával a motoros a talajt?

b) Hány százalékkal nagyobb a motoros sebessége, ha a lábát letéve az eredeti hosszúságú fékúton áll meg?

Adatok: A motor és a motoros tömege külön-külön m, így összesen M=2m. $\mu_1 = 0{,}2$, $\mu_2 = 0{,}3$, fékút lábletevés nélkül s_1, lábletevéssel $s_2 = \frac{8}{9}\cdot s_1$.

a) $\frac{N_2}{mg}$=? b) $\frac{V}{v}$=? (%)

Megoldás:

a) A mozgásra a munkatétel írható föl. A kerekeknél fellépő súrlódási erő maximuma $\mu_1 N_1$, a motoros lábánál fellépő csúszási súrlódás $\mu_2 N_2$, ahol N_2 a motoros lábától származó erőnek a talaj által a motorra kifejtett ellenereje. Ha a motoros a fékezés előtt v sebességgel haladt, akkor, ha nem fékez a lábával

$\frac{1}{2}Mv^2 = \mu_1 Mgs_1$, 2 pont

ha fékez a lábával is, akkor

$\frac{1}{2}Mv^2 = \mu_1 N_1 s_2 + \mu_2 N_2 s_2$ 2 pont

írható föl, és $N_1 + N_2 = Mg$, mivel a motoros függőlegesen nem mozog. A két egyenlet bal oldala egyenlő, így a jobb oldalak is:

$\mu_1 Mgs_1 = \mu_1 (Mg - N_2)\, s_2 + \mu_2 N_2 s_2 = (\mu_1 Mg + \mu_2 N_2)\,\frac{8}{9} s_1$. 1 pont

Az egyenletet s_1-gyel osztva, és átrendezve:

$\frac{1}{8}\mu_1 = \frac{N_2}{Mg}(\mu_2 - \mu_1)$, ahonnan $\frac{N_2}{Mg} = \frac{\mu_1}{8(\mu_2 - \mu_1)} = \frac{0{,}2}{8\cdot 0{,}1} = 0{,}25$. 1 pont

A kérdés szerinti arány ennek a kétszerese $\frac{N_2}{mg} = \frac{0{,}2}{4\cdot 0{,}1} = \underline{\underline{50\ \%.}}$ 1 pont

b) A motoros s_1 úton áll meg, és a lábával N_2 nyomóerőt fejt ki. A munkatétel erre az esetre:

$\frac{1}{2}MV^2 = \mu_1 (Mg - N_2)\, s_1 + \mu_2 N_2 s_1$, továbbá az eredeti fékezés szerint

$\frac{1}{2}Mv^2 = \mu_1 Mgs_1$ 2+2 pont

A két egyenletet osztva egymással s_1 kiesik, így

$\frac{V^2}{v^2} = \frac{\mu_1 0{,}75\cdot Mg + \mu_2 0{,}25\cdot Mg}{\mu_1 Mg} = \frac{0{,}75\cdot 0{,}2 + 0{,}3\cdot 0{,}25}{0{,}2} = 1{,}125.$ 2 pont

A sebességek aránya $\frac{V}{v} = \sqrt{1{,}125} = 1{,}06$.

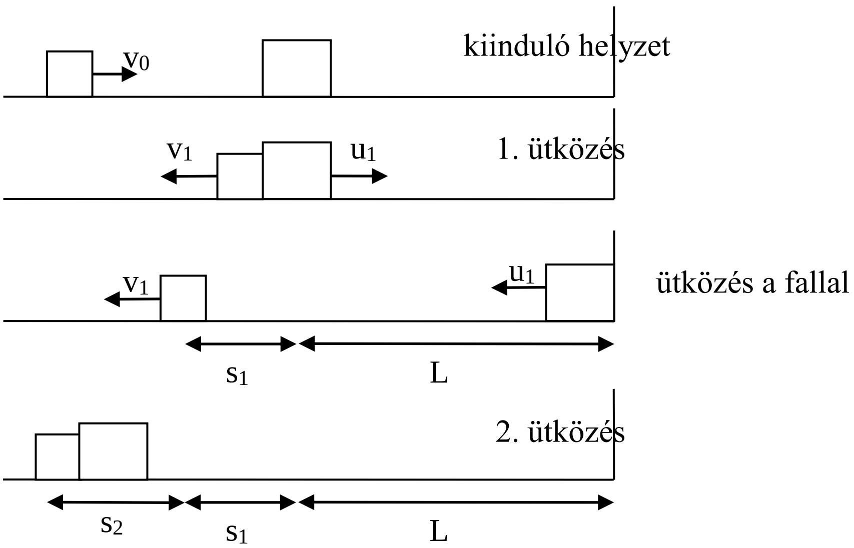
A motoros tehát, ha lábával is fékez, $\underline{\underline{6\ \%}}$-kal nagyobb sebességgel haladhat és az eredeti úton meg tud állni. 2 pont

3. Vízszintes, súrlódásmentes talajon 0,4 kg tömegű test nyugszik egy függőleges faltól 3 m távolságra. A test másik oldalán a falra merőleges sebességgel 0,2 kg tömegű kis test közeledik 3 m/s állandó sebességgel a fal felé, és rugalmasan ütközik az első testtel. A nagy test a falnak ütközve, arról rugalmasan visszapattan.
a) Mekkora utat tesz meg a kisebb test, amíg újra összeütközik a nagyobb testtel?
b) Mennyi idő telik el a testek két ütközése között?
A testeket tekintsük pontszerűnek.

Adatok: m = 0,2 kg, M = 0,4 kg = 2m, $v_0 = 3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, L = 3 m.

a) s_1 =?, b) t=?
Megoldás:
A feladat szövegéből kimaradt a kis test kezdősebességének értéke, de ettől a feladat paraméteresen megoldható.

a) Az első ütközéskor a kis test sebessége ütközés után v_1, a nagyobbiké u_1. A rugalmas ütközésre érvényes a lendület- és az energia-megmaradás törvénye.



$mv_0 = mv_1 + Mu_1$ (1)

$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mu_1^2$ (2) 2+2 pont

Az egyenletrendszert megoldva:

$u_1 = \frac{2}{3}v_0\ (= 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}})$, $v_1 = v_0 - 2u_1 = -\frac{1}{3}v_0\ (= -1\ \frac{\text{m}}{\text{s}})$. 1+1 pont

A nagyobbik test $t_1 = \frac{L}{u_1} = \frac{3}{2}\frac{L}{v_0}$ (= 1,5 s) 1 pont
alatt éri el a falat, amivel pillanatszerűen ütközik, és ugyanakkora sebességgel visszafelé fog haladni. 1 pont

Ezalatt a kisebbik test $s_1 = v_1 t_1 = \frac{1}{3}v_0 \cdot \frac{3}{2}\frac{L}{v_0} = \frac{L}{2}$ = 1,5 m utat tesz meg.

Mivel a nagyobbik test sebessége nagyobb, mint a kisebbik test sebessége, a nagyobbik test utoléri a kis testet, újra ütközik vele a faltól való ütközéstől számított t_2 idő múlva. Ezalatt a kis test $s_2 = v_1 t_2$ utat tesz meg. A második ütközésig megtett utakra fennáll (ld. ábra), hogy
$u_1 t_2 = L + s_1 + s_2 = L + s_1 + v_1 t_2$ 2 pont

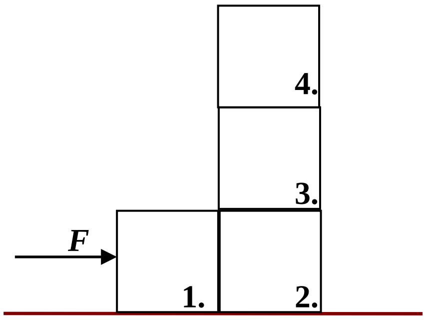
Ebből

$t_2 = \dfrac{L+s_1}{u_1-v_1} = \dfrac{\frac{3}{2}L}{\frac{1}{3}v_0} = \dfrac{9}{2}\dfrac{L}{v_0}$ (= 4,5 s) , és $s_2 = v_1 t_2 = \dfrac{1}{3}v_0 \cdot \dfrac{9}{2}\dfrac{L}{v_0} = 1{,}5L = 4{,}5$ m. 1 pont

A kisebbik test útja így összesen a két ütközés között $s_1 + s_2$ = 1,5 m + 4,5 m = 6 m. 1 pont

b) A két ütközés között $t = t_1 + t_2 = 6\cdot\dfrac{L}{v_0}$ = (1,5 s + 4,5 s = 6 s) idő telt el. 3 pont

4. Négy, egyenként 0,6 kg tömegű testet az ábrának megfelelően rendezünk el, és a rendszert az első testre ható F erővel toljuk a vízszintes talajon. A testek együtt mozognak, a 3. test nem mozdul el a 2. testhez képest, illetve a 4. test nem mozdul el a 3. testhez képest. A legfelső, 4. testre 1,2 N nagyságú tapadási súrlódási erő hat. A talaj és a vele érintkező testek közötti csúszási súrlódási együttható értéke 0,2. (g =10 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)



a) Milyen irányú a 4. testre ható tapadási súrlódási erő?
b) Mekkora a 2. test gyorsulása?
c) Mekkora az F tolóerő nagysága?

d) Mekkora és milyen irányú erőt fejt ki a 2. test az 1. testre?

e) Mekkora úton mozdult el a rendszer 8 másodperc alatt, ha induláskor a sebesség 2 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ nagyságú volt?

Adatok: $m=m_1=m_2=m_3=m_4$=0,6 kg, $(F_{\text{tap.}})_4$=1,2 N, μ= 0,2, g =10 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, t = 8 s, v_0 = 2 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

a) $(F_{\text{tap.}})_4$ iránya?, b) a_2=?, c) F=?, d) $F_{2,1}$=?, e) s=?.

Megoldás:

A testek egymáshoz képest nem mozognak, így az egész rendszer azonos gyorsulással jobbra mozog.

a) A 4. test is az F erő irányában mozdul el, gyorsul. A 4. test gyorsulását az $(F_{\text{tap.}})_4$ tapadási súrlódási erő eredményezi. Tehát a tapadási súrlódási erő balról jobbra mutat. 2 pont

b) A 4. test gyorsulása $a_4 = \dfrac{(F_{\text{tap.}})_4}{m_4} = \dfrac{(F_{\text{tap.}})_4}{m} = \dfrac{1{,}2\ \text{N}}{0{,}6\ \text{kg}} = 2\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$. A rendszer elemei azonos a gyorsulással mozognak, így a második test gyorsulása: $a_2 = a_4 = 2\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = a$. 3 pont

c) Az egyes testekre írjuk fel a dinamika alapegyenletét:

Az 1. testre ható erők esetén: $F-(F_s)_1 - F_{1,2} = m\cdot a$

A 2. testre ható erők esetén: $F_{2,1}-(F_s)_2-(F_{tap.})_3 = m\cdot a$

A 3. testre ható erők esetén: $(F_{tap.})_3-(F_{tap.})_4 = m\cdot a$

A 4. testre ható erők esetén: $(F_{tap.})_4 = m\cdot a$

A négy egyenletet összeadva, adódik, hogy $F-(F_s)_1-(F_s)_2 = 4\cdot m\cdot a$

A súrlódási erők pedig: $(F_s)_1 = \mu\cdot(F_{ny})_1 = \mu\cdot m\cdot g$ és $(F_s)_2 = \mu\cdot(F_{ny})_2 = \mu\cdot 3\cdot m\cdot g$.

Így fennáll, hogy $F-\mu\cdot m\cdot g-\mu\cdot 3\cdot m\cdot g=4\cdot m\cdot a$, ahonnan

$$F=4\cdot m\cdot a+4\cdot\mu\cdot m\cdot g=4\cdot m\cdot(a+\mu\cdot g)=4\cdot 0{,}6\ \mathrm{kg}\cdot(2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}+0{,}2\cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2})=9{,}6\ \mathrm{N}.$$ 6 pont

d) Az első egyenletből a 2. test által az 1. testre kifejtett erő nagysága:

$$F_{1,2}=F-(F_s)_1-m\cdot a=9{,}6\ \mathrm{N}-0{,}2\cdot 0{,}6\ \mathrm{kg}\cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}-0{,}6\ \mathrm{kg}\cdot 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}=7{,}2\ \mathrm{N}.$$ 2 pont

Ez az erő jobbról bal felé mutat (F irányával ellentétes).
e) Egyenletesen gyorsuló mozgás jön létre, és mivel a gyorsulás nagysága, a kezdősebesség nagysága, a mozgás időtartama ismert, így a megtett út nagysága:

$$s=v_0\cdot t+\frac{a}{2}\cdot t_2=2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot 8\ \mathrm{s}+\frac{2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}{2}\cdot(8\ \mathrm{s})^2=80\,\mathrm{m}.$$ 2 pont

5. A sűrűségmérésre használt piknométer egy üvegedény, amelynek térfogata 18 ºC-on igen pontosan definiált. A piknométert most folyadék (térfogati) hőtágulási együtthatójának meghatározásra használjuk. Az adott folyadékból a piknométerbe 60 ºC-on 98,93 g-ot, 90 ºC-on pedig 97,59 g-ot tölthettünk. Az üveg lineáris hőtágulási együtthatója $10^{-5}\ \frac{1}{°\mathrm{C}}$.

a) Mekkora az adott folyadék térfogati hőtágulási együtthatója?
b) Mekkora eltérést okoz a hőtágulási együttható értékében, ha a piknométer hőtágulásától eltekintünk?

Adatok: t=18 ºC, t_1= 60 ºC, m_1= 98,93 g, t_2=90 ºC, m_2=97,59 g, α=$10^{-5}\ \frac{1}{^\circ\mathrm{C}}$.

a) β=?, b) Δβ=?
Megoldás:
a) Jelöljük a piknométer térfogatát 18 ºC-on V-vel. A piknométer térfogata 60 ºC-on $V_{60}=V\cdot(1+3\cdot\alpha\cdot\Delta t_1)$, 90 ºC-on pedig $V_{90}=V\cdot(1+3\cdot\alpha\cdot\Delta t_2)$. 2 pont

A piknométerbe öntött folyadék sűrűsége 60 ºC-on $\rho_1=\frac{m_1}{V_{60}}$, illetve $\rho_1=\frac{\rho_{18}}{1+\beta\cdot\Delta t_1}$, 2 pont

ahol ρ_{18} a folyadék sűrűsége 18 ºC-on, tehát $\frac{m_1}{V_{60}}=\frac{\rho_{18}}{1+\beta\cdot\Delta t_1}$. Így $\frac{m_1}{V\cdot(1+3\cdot\alpha\cdot\Delta t_1)}=\frac{\rho_{18}}{1+\beta\cdot\Delta t_1}$.

Hasonlóan 90 ºC-on $\frac{m_2}{V_{60}}=\frac{\rho_{18}}{1+\beta\cdot\Delta t_2}$, és $\frac{m_2}{V\cdot(1+3\cdot\alpha\cdot\Delta t_2)}=\frac{\rho_{18}}{1+\beta\cdot\Delta t_2}$. 2 pont

A két összefüggés osztása után adódik, hogy $\frac{m_1}{m_2}\cdot\frac{1+3\cdot\alpha\cdot\Delta t_2}{1+3\cdot\alpha\cdot\Delta t_1}=\frac{1+\beta\cdot\Delta t_2}{1+\beta\cdot\Delta t_1}$. 1 pont

Adatokkal
$\frac{98{,}93\ \mathrm{g}}{97{,}59\ \mathrm{g}}\cdot\frac{1{,}00216}{1{,}00126}=\frac{1+\beta\cdot 72\ ^\circ\mathrm{C}}{1+\beta\cdot 42\ ^\circ\mathrm{C}}$. Innen $1{,}01464+42{,}61488\ ^\circ\mathrm{C}\cdot\beta=1+\beta\cdot 72\ ^\circ\mathrm{C}$, ahonnan

$\beta=4{,}98\cdot 10^{-4}\ \frac{1}{^\circ\mathrm{C}}$. 1 pont

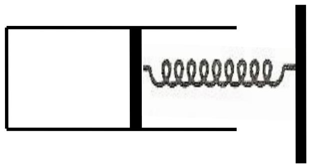
b) Ha az edény térfogat-változásától eltekintünk, akkor a piknométerbe öntött folyadék-mennyiségek aránya:

$\frac{m_1}{m_2} \cdot = \frac{1+\beta\cdot\Delta t_2}{1+\beta\cdot\Delta t_1}$, azaz $\frac{98{,}93\ \text{g}}{97{,}59\ \text{g}} = \frac{1+\beta\cdot 72\ ^\circ\text{C}}{1+\beta\cdot 42\ ^\circ\text{C}}$. 4 pont

Innen $1{,}01373 + 42{,}57666\ ^\circ\text{C}\cdot\beta = 1+\beta\cdot 72\ ^\circ\text{C}$, $\beta = 4{,}67\cdot 10^{-4}\ \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

Az eltérés: $\Delta\beta = 3{,}1\cdot 10^{-5}\ \frac{1}{^\circ\text{C}}$ (~ 6%-os eltérés) 3 pont

6. Vízszintes helyzetű, hőszigetelt (rögzített) henger 60 cm^2 alapterületű. A hengerben súrlódás nélkül mozogni képes, ugyancsak jó hőszigetelő dugattyú 300 K hőmérsékletű, 112 g tömegű oxigéngázt zár el. A dugattyúhoz egyik végével egy nyújtatlan, 800 $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ rugóállandójú rugó csatlakozik. A rugó másik vége egy szintén rögzített helyzetű falnak támaszkodik. A hengerbe épített melegítőt egy ideig üzemeltetjük. A rúgó ekkor 7,5 cm-t nyomódik össze.



a) Hány oxigénmolekula van a hengerben?
b) Mekkora erőt fejt ki a rugó a dugattyúra a melegítés befejezésekor?
c) Mekkora a gáz nyomása ekkor?
d) Mekkora gáz hőmérséklete a melegítő kikapcsolásakor?
A külső légnyomás értéke 10^5 Pa.

Adatok: A =60 cm^2, T_1 = 300 K, D = 800 $\frac{\text{N}}{\text{m}}$, m = 112 g, P = 100 W, Δl=7,5 cm, $M_{O_2} = 32\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}$,
a) N =?, b) F =?, c) p =?, d) T_2 =?.

Megoldás:

a) Az oxigén moltömege 32 $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$, azaz a 112 g tömegű oxigén $n = \frac{112\ \text{g}}{32\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$ = 3,5 mol, tehát

$N = 3{,}5\ \text{mol}\cdot 6\cdot 10^{23}\ \frac{1}{\text{mol}} = 2{,}1\cdot 10^{24}$ oxigénmolekulát tartalmaz. 3 pont

b) A rugó által a dugattyúra kifejtett erő a végállapotban

$F = D\cdot\Delta l = 800\ \frac{\text{N}}{\text{m}}\cdot 0{,}075\ \text{m} = 60\ \text{N}$. 2 pont

c) A gáz nyomása megegyezik a külső légnyomás és a rugó által létrehozott nyomás összegével:

$p = p_k + \frac{F}{A} = 10^5\ \text{Pa} + \frac{60\ \text{N}}{60\cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 1{,}1\cdot 10^5\ \text{Pa}$. 2 pont

d) A gáz kezdeti térfogata: $V = \frac{nRT_1}{p_k}$ = 87,25 dm^3.

Az új térfogat: $V_2 = V + \Delta V = V + A\cdot\Delta l =$ 87,25 dm + 0,45 dm^3= 87,7 dm^3,
továbbá $p_2 = 1{,}1\cdot 10^5\ \text{Pa}$.
Az állapotegyenlet a végállapotra: $p_2 V_2 = nRT_2$,

ebből $T_2 = \frac{p_2 V_2}{nR} = \underline{\underline{331{,}6\ \text{K}}}$ 8 pont

7. Homogén elektromos mező térerősség vektora felfelé mutat, nagysága 1000 $\frac{\text{N}}{\text{C}}$.

a) Mekkora kezdősebességgel indítsuk el függőlegesen felfelé azt a kis golyót, amelynek tömege

10 g, töltése $2\cdot10^{-5}$ C, ha azt akarjuk, hogy 10 cm magasságig emelkedjen, aztán essen vissza?
b) Milyen magasra emelkedne a golyó, ha nincs töltése, és az a) pontbeli kezdősebességgel indítjuk fölfelé?
c) Legföljebb mekkora lehet a golyó tömege, ha azt akarjuk, hogy földobva ne essen vissza?

$g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Adatok: $E = 10^3\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$, $m = 10$ g, $q = 2\cdot10^{-5}$ C, $h = 10$ cm $= 0{,}1$ m, $g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

a) v=? b) h'=?, c) m=?

Megoldás.

a) A golyót a gravitációs mező lefelé, az elektromos mező felfelé gyorsítja. Felírva az energia megmaradást (nulla szintnek a feldobás helyét választva):

$\frac{1}{2}mv^2 = mgh - Eqh$, ahonnan

$v = \sqrt{\frac{2h(mg-Eq)}{m}}$, adatokkal $mg = 10^{-2}\,\mathrm{kg}\cdot10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 0{,}1$ N, $Eq = 10^3\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}\cdot2\cdot10^{-5}$ C $= 0{,}02$ N.

$v^2 = \frac{2\cdot0{,}1\cdot(0{,}1-0{,}02)}{0{,}01}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} = 1{,}6\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$, azaz $v = 1{,}26\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. 8 pont

b) Ha a golyónak nincs töltése, egyedül a gravitáció hat rá:

$h' = \frac{v^2}{2g} = \frac{1{,}6}{20}\,\mathrm{m} = 0{,}08\ \mathrm{m} = 8$ cm. 3 pont

c) A golyó nem esik vissza, ha az eredő gyorsulása 0 vagy fölfelé mutat, azaz ha $Eq \geq mg$.

Ebből a golyó tömegére kapjuk, hogy $m \leq \frac{Eq}{g} = \frac{0{,}02}{10}\,\mathrm{kg} = \underline{\underline{2\ \mathrm{g}}}$. 4 pont

8. 25 cm hosszúságú, 50 cm² keresztmetszetű, 1000 menetes egyenes tekercsben az áram 0,1 s alatt egyenletesen 0-ról 10 A erősségűre nő. A tekercs ohmos ellenállása elhanyagolható.
a) Mekkora a feszültség a tekercsen?
b) Írjuk fel és ábrázoljuk a tekercs teljesítményét az idő függvényében az adott intervallumban!
c) Mennyi a tekercs mágneses mezeje által ezen idő alatt felvett energia?

Adatok: $L = 0{,}25$ m, $A = 50$ cm², $N = 1000$, $\Delta t = 0{,}1$ s, $I(0) = 0$, $\Delta I = 10$ A.

a) U_i=? b) $P(t)$= ?, c) W =?

Megoldás:

a) A tekercsben feszültség indukálódik, ha változik a mágneses fluxus:

$U_i = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = N\frac{\Delta B}{\Delta t}A$ 2 pont

I árammal átjárt tekercs belsejében a mágneses mező nagysága

$B = \mu_0\frac{IN}{L}$, ennek változása $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \mu_0\frac{N^2}{L}\frac{\Delta I}{\Delta t}$. 2 pont

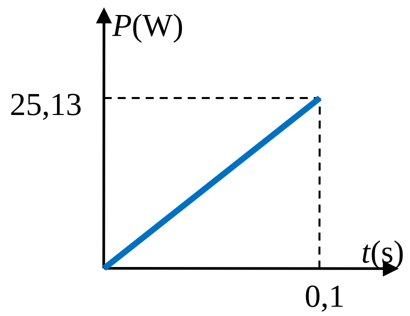
Így az indukált feszültség:

$$U_i = \mu_0 \frac{N^2}{L}\frac{\Delta I}{\Delta t}A = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{Am}} \cdot 10^6 \cdot 10\,\mathrm{A} \cdot 50 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}^2}{0{,}25\,\mathrm{m} \cdot 0{,}1\,\mathrm{s}} = \underline{\underline{2{,}513\ \mathrm{V}}}$$ 1 pont

b) A tekercs teljesítménye ($0 \le t \le \Delta t$) az idő függvényében

$P(t) = U_i \cdot I(t) = U_i \cdot \Delta I \cdot t = 2{,}513 \cdot 10 \cdot t$ [s] W = $25{,}13 \cdot t$ [s] W, 3 pont

az idővel lineárisan változik



2 pont

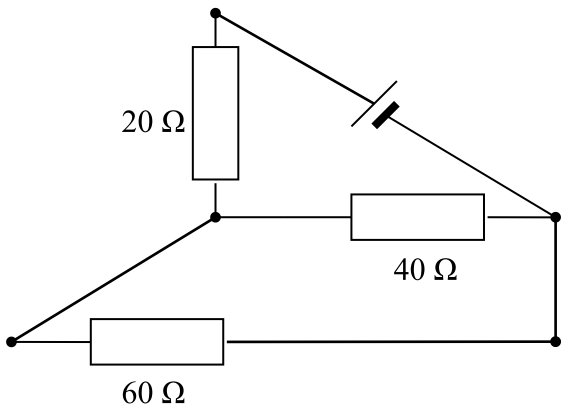
c) Az áram munkája a mágneses mező felépítésére fordítódik, így a P(t) grafikon alatti terület megadja a mágneses mezőben tárolt energiát:

$$W = \frac{1}{2}U_i \Delta I \cdot \Delta t = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 N^2 \Delta I}{L\Delta t}A \cdot \Delta I \cdot \Delta t = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 N^2 \cdot A \cdot (\Delta I)^2}{L}$$, ami megfelel a $W = \frac{1}{2}L_ö I^2$ formulának,

ahol $L_ö = \frac{\mu_0 N^2 A}{L}$ az önindukciós együttható.

Számértékben $W = \frac{1}{2} \cdot 25{,}13 \cdot 0{,}1 = \underline{\underline{1{,}25\ \mathrm{J}}}$. 5 pont

9. Egyforma elemekből telepet állítunk össze. A telepet a kapcsolási rajzon feltüntetett hálózatra kötjük.



a) Mekkora egy elem elektromotoros ereje és belső ellenállása, ha a telepet 5 db sorosan kapcsolt elemből állítottuk össze, és tudjuk, hogy a 20 Ω-os ellenállás teljesítménye 5 W, a telep belső ellenállása pedig a külső ellenállás $\frac{22}{3}$-ad része?

b) Mekkora a kapocsfeszültség nagysága?

c) Mekkora munkát végez az áram a 20 Ω-os ellenálláson 50 másodperc alatt, ha a telepet az előzőekben felhasznált elemekből párhuzamos kapcsolással készítjük el?

Adatok: n=5, P_3=6 W, $(R_b)_{össz} = \frac{R_k}{\frac{22}{3}}$, R_1=40 Ω, R_2=60 Ω, R_3=20 Ω, t= 50 s.

a) U_0=?, R_b=?, b) U_k=?, c) $W_3^* = ?$

Megoldás:

a) A kapcsolási rajz alapján látható, hogy az R_1=40 Ω és az R_2=60 Ω nagyságú ellenállások párhuzamosan vannak kötve egymással, míg ezek eredőjével sorosan kötött R_3=20 Ω nagyságú ellenállás. Így a külső ellenállás nagysága: $R_k = R_3 + \dfrac{1}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}} = 20\ \Omega + \dfrac{1}{\dfrac{1}{40\,\Omega}+\dfrac{1}{60\ \Omega}} = 44\ \Omega$.

Mivel $(R_b)_{össz} = \dfrac{R_k}{\dfrac{22}{3}}$ és n=5, így egy elem belső ellenállása:

$$R_b = \frac{\dfrac{R_k}{\dfrac{22}{3}}}{n} = \frac{\dfrac{3\cdot 44\ \Omega}{22}}{5} = 1{,}2\ \Omega.$$ 4 pont

Az elemek soros kapcsolásánál a telep feszültségének nagysága: $U=n\cdot U_0$, és $n\cdot U_0 = I\cdot(R_k + n\cdot R_b)$, azaz $5\cdot U_0 = I\cdot(44\ \Omega+6\ \Omega)=I\cdot 50\ \Omega$.

Az R_3=20 Ω-os ellenálláson a teljesítmény nagysága: $P_3=5\ \mathrm{W}=I^2\cdot R_3$, ahonnan

$I = \sqrt{\dfrac{P_3}{R_3}} = \sqrt{\dfrac{5\ \mathrm{W}}{20\,\Omega}} = 0{,}5\ \mathrm{A}$. Ennek felhasználásával egy elem elektromotoros erejének nagysága:

$$U_0 = \frac{I\cdot 50\ \Omega}{5} = \frac{0{,}5\ \mathrm{A}\cdot 50\ \Omega}{5} = 5\ \mathrm{V}.$$ 4 pont

b) A kapocsfeszültség értéke: $U_k=I\cdot R_k$=0,5A·44 Ω=22 V. 2 pont

(A belső feszültségesés nagysága: $U_b=I\cdot(R_b)_{össz}=0{,}5\ \mathrm{A}\cdot\dfrac{44\ \Omega}{\dfrac{22}{3}} = 3\ \mathrm{V}$, a telep feszültsége:

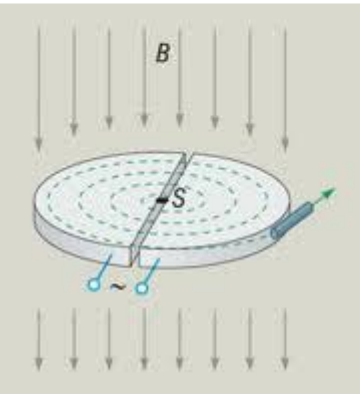
$U=n\cdot U_0$=5·5 V=25 V).

c) Az elemek párhuzamos kapcsolásakor a telep feszültsége $U=U_0$=5 V, a telep belső ellenállása pedig $(R_b)_{össz} = \dfrac{R_b}{5} = \dfrac{1{,}2\ \Omega}{5} = 0{,}24\ \Omega$. 2 pont

Az R_3=20 Ω-os ellenálláson átmenő áram erőssége: $I = \dfrac{U}{R_k + (R_b)_{össz}} = \dfrac{5\ \mathrm{V}}{44\ \Omega + 0{,}24\ \Omega}$ =0,113 A≈ ≈ 0,11A. 2 pont

Az áram munkája: $W_3^* = I^2\cdot R_3\cdot t = (0{,}11\ \mathrm{A})^2\cdot 20\ \Omega\cdot 50\ \mathrm{s} = 12{,}1\ \mathrm{J}$. 1 pont

10. Az ábra egy részecskegyorsító, a ciklotron sematikus felépítését mutatja. A két fém félhenger (a duánsok) vákuumban és mágneses mezőben vannak, őket egy keskeny légrés választja el. A mágneses mező ***B*** vektora merőleges a duánsok fedőlapjára, és függőlegesen lefelé mutat. Az indukcióvektor nagysága 0,5 T. Az S forrásból $1{,}67\cdot 10^{-27}$ kg tömegű, $1{,}6\cdot 10^{-19}$ C töltésű protonok lépnek ki (jobbról balra). A kilépő protonok sebessége $10^6\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.



a) Mekkora sugarú körpályán indulnak el a protonok?

b) Mekkora a protonok keringési ideje?

c) Mikor egy proton a légrés széléhez ér, 6 kV effektív értékű,

7,579 MHz frekvenciájú, nagyfrekvenciás váltakozó feszültséget kapcsolunk a duánsokra úgy, hogy a jobboldali duáns legyen a negatív. Mekkora a proton sebessége, amikor az a jobboldali duáns baloldali széléhez ér?
d) Amikor a proton a jobboldali duánsnál a légréshez ér, a feszültség előjelet vált. Mekkora a proton sebessége akkor, amikor a proton ismét a jobboldali duáns baloldali széléhez ér?
e) Mekkora ekkor a proton mozgási energiája és mekkora a körpálya sugara?

Adatok:

B=0,5 T, m=1,67·10^{-27} kg, Q=1,6·10^{-19}C, v_0=10^6 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, U=6 kV, f=7,579 MHz

a) R_0=?, b) T=?, c) v_1=?, d) v_3=?, e) $E_{mozg.}$=? és R_3=?.

Megoldás:

a) A protonokra ható Lorentz-erő miatt a protonok körpályán mozognak, és a dinamika alapegyenlete alapján: $Q \cdot v_0 \cdot B = \frac{m \cdot v_0^2}{R}$, mivel a mágneses mező indukcióvektora és a protonok sebességvektora egymásra merőlegesek. Innen $Q \cdot B = \frac{m \cdot v_0}{R}$ (1)

és a körpálya sugara $R_0 = \frac{m \cdot v_0}{Q \cdot B} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \text{kg} \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C} \cdot 0{,}5\ \text{T}} = 0{,}021\ \text{m}$. 3 pont

b) A sebességre nézve fennáll, hogy $v_0 = R_0 \cdot \omega = R_0 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T}$, amiből a keringési idő:

$$T = \frac{2 \cdot R_0 \cdot \pi}{v_0} = \frac{0{,}021\ \text{m} \cdot 2 \cdot \pi}{10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1{,}319 \cdot 10^{-7}\ \text{s} \quad (\text{a frekvencia} : f = \frac{1}{\text{T}} = 7{,}579 \cdot 10^6\ \text{Hz} = 7{,}579\ \text{MHz})$$

3 pont

Másképpen (1) alapján

$\omega = \frac{v_0}{R_0} = \frac{Q \cdot B}{m}$, így *a frekvencia és a keringési idő független a körpálya sugarától*! Figyeljük meg, hogy a gyorsító feszültség frekvenciája is éppen 7,579 MHz, így a feszültség mindig pont megfelelő pillanatban vált előjelet.

c) A légrésben kialakuló elektromos mező munkája gyorsítja a protont, és fennáll, hogy

$e \cdot U = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$, ahonnan a keresett sebesség:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m} + v_0^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C} \cdot 6000\ \text{V}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} + \left(10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 1{,}466 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$ 3 pont

d) Az előzőek alapján kaphatjuk a légréseken való újabb áthaladások után az újabb sebességeket:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m} + v_1^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C} \cdot 6000\ \text{V}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} + \left(1{,}466 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 1{,}816 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{és}$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m} + v_2^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C} \cdot 6000\ \text{V}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} + \left(1{,}816 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 2{,}109 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$ 2 pont

e) A proton mozgási energiája:

$E_{mozg} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_3^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot \left(2{,}109 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 3{,}714 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{J}$, a körpálya sugara:

$R_3 = \frac{m \cdot v_0}{Q \cdot B} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot 2{,}109 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 0{,}5\ \mathrm{T}} = 0{,}044\ \mathrm{m}$.   4 pont

11. Egy 4 dioptriás egyszerű nagyítóval egy 1,2 cm átmérőjű kis pénzérmét nézünk. A pénzérmét háromszoros nagyításban látjuk.
a) Mekkora a keletkező kép nagysága?
b) Mekkora a lencse fókusztávolsága?
c) A lencsétől hány cm-re keletkezik a kép?
c) Hová kellett elhelyezni a pénzérmét?

Adatok:

$D = 4\ \frac{1}{\mathrm{m}} = 0{,}25\ \mathrm{m}$, $T = 0{,}8$ cm, $|N| = 3$.

a) K = ?, b) f = ?, c) $|k|$ = ?, d) t = ?

Megoldás:

a) A nagyítás definíciója alapján: $3 = |N| = \frac{K}{T} = \frac{K}{1{,}2\ \mathrm{cm}}$, ahonnan a kép nagysága:

$K = 3 \cdot 1{,}2\ \mathrm{cm} = 3{,}6\ \mathrm{cm}$.   2 pont

b) A lencse fókusztávolsága: $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{4\ \frac{1}{\mathrm{m}}} = 0{,}25\,\mathrm{m} = 25\ \mathrm{cm}$.   2 pont

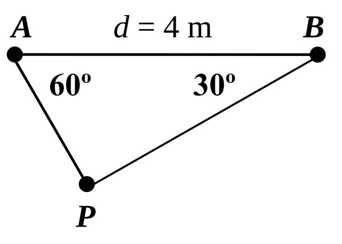
c) A kép a lencse tárgy felőli oldalán keletkezik, így a kép látszólagos és így a nagyításra nézve fennáll: $N = \frac{|k|}{t} = \frac{-k}{t} = 3$, azaz a k képtávolság negatív. A t tárgytávolság: $t = \frac{-k}{3}$.   3 pont

A leképezési törvény alapján: $\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$, tehát $\frac{1}{25\ \mathrm{cm}} = \frac{1}{\frac{-k}{3}} + \frac{1}{k}$, azaz $\frac{1}{25\ \mathrm{cm}} = \frac{3}{-k} + \frac{1}{k}$, ahonnan

$k = 25\ \mathrm{cm} \cdot (-3 + 1) = -50\ \mathrm{cm}$.   4 pont

d) A tárgytávolság nagysága: $t = \frac{-k}{3} = \frac{-(-50\ \mathrm{cm})}{3} = 16{,}67\,\mathrm{cm}$ 4 pont

12. Két azonos hullámforrás (A és B) koherens hullámokat bocsát ki. A hullámforrások egymástól mért távolsága 4 m. A hullámok frekvenciája 1700 Hz és 2400 Hz között folyamatosan változtatható. A rajz szerint a P pontban egy érzékeny detektort helyezünk el, amely érzékeli a beérkező hullámokat.



a) Mekkora abban az esetben a hullámok hullámhossza, ha a P pontban erősítést jelez a detektor?
b) Mekkora a hullámok hullámhossza abban az esetben, amikor a P pontban gyengítés észlelhető?

A hullámok terjedési sebessége $340\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Adatok: $d = 4$ m, α=60º, β=30º, 1700 Hz $\le f \le$ 2400 Hz, c=340 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

a) $\lambda_{erősítés}$ = ?, b) $\lambda_{gyengítés}$ = ?.

Megoldás:

a) A hullámok útkülönbsége:

$\Delta s = \overline{BP} - \overline{AP} = d \cdot \cos 30^\circ - d \cdot \cos 60^\circ = 4\,\text{m} \cdot (0{,}866 - 0{,}5) = 1{,}464\ \text{m}$.

A P pontbeli erősítés feltétele: $\Delta s = 2 \cdot k \cdot \frac{\lambda}{2}$, ahol k egész szám. Határozzuk meg k értékét a határfrekvenciák esetén! Ekkor: $\Delta s = 2 \cdot k_1 \cdot \frac{\lambda_1}{2} = k_1 \cdot \frac{c}{f_1}$, illetve $\Delta s = 2 \cdot k_2 \cdot \frac{\lambda_2}{2} = k_2 \cdot \frac{c}{f_2}$. Ezekből az összefüggésekből $k_1 = \frac{\Delta s \cdot f_1}{c} = \frac{1{,}464\ \text{m} \cdot 1700\,\text{Hz}}{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7{,}32$ és

$k_2 = \frac{\Delta s \cdot f_2}{c} = \frac{1{,}464\ \text{m} \cdot 2400\,\text{Hz}}{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10{,}33$. Mivel k_1 és k_2 is csak egész szám lehet, ezért a lehetséges értékek: $k_1 = 8$ és $k_2 = 10$.

A keresett hullámhosszak: $(\lambda_{erősítés})_1 = \frac{\Delta s}{k_1} = \frac{1{,}464\ \text{m}}{8} = 0{,}183\ \text{m}$, (a frekvencia: f_1=1857,9 Hz),

illetve $(\lambda_{erősítés})_2 = \frac{\Delta s}{k_2} = \frac{1{,}464\ \text{m}}{10} = 0{,}1464\ \text{m}$, (a frekvencia: f_2=2322,4 Hz). 8 pont

Ha csak egy hullámhosszat talál meg 6 pont.

b) A P pontbeli gyengítés feltétele: $\Delta s = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$, ahol k egész szám. Határozzuk meg k értékét a határfrekvenciák esetén! Ekkor: $\Delta s = (2 \cdot k_1 + 1) \cdot \frac{\lambda_1}{2} = (2 \cdot k_1 + 1) \cdot \frac{c}{2 \cdot f_1}$, illetve

$\Delta s = (2 \cdot k_2 + 1) \cdot \frac{\lambda_2}{2} = (2 \cdot k_2 + 1) \cdot \frac{c}{2 \cdot f_2}$.

Ezekből az összefüggésekből $k_1 = \frac{\frac{2 \cdot \Delta s \cdot f_1}{c} - 1}{2} = \frac{\frac{2 \cdot 1{,}464\ \text{m} \cdot 1700\,\text{Hz}}{340\ \text{m}} - 1}{2} = 6{,}82$ és

$k_2 = \frac{\frac{2 \cdot \Delta s \cdot f_2}{c} - 1}{2} = \frac{\frac{2 \cdot 1{,}464\ \text{m} \cdot 2400\,\text{Hz}}{340\ \text{m}} - 1}{2} = 9{,}83$.

Mivel k_1 és k_2 is csak egész szám lehet, ezért a lehetséges értékek: $k_1 = 7$ és $k_2 = 9$, de megfelel a $k_3 = 8$ is.

A keresett hullámhosszak: $(\lambda_{gyengítés})_1 = \frac{2 \cdot \Delta s}{2 \cdot k_1 + 1} = \frac{2 \cdot 1{,}464\ \text{m}}{2 \cdot 7 + 1} = 0{,}1952\ \text{m}$,

$(\lambda_{gyengítés})_2 = \frac{2 \cdot \Delta s}{2 \cdot k_{21} + 1} = \frac{2 \cdot 1{,}464\ \text{m}}{2 \cdot 9 + 1} = 0{,}1541\ \text{m}$, $(\lambda_{gyengítés})_3 = \frac{2 \cdot \Delta s}{2 \cdot k_3 + 1} = \frac{2 \cdot 1{,}464\ \text{m}}{2 \cdot 8 + 1} = 0{,}1722\ \text{m}$.

(Ezekhez a hullámhosszakhoz tartozó frekvencia-értékek: f_1 =1741 Hz, f_2 =2206 Hz, f_3 =1974 Hz).

7 pont

Ha csak egy hullámhosszat talál meg: 5 pont.

13. Fotocella segítségével a Planck-állandó értékét szeretnénk meghatározni. A fotocellával párhuzamosan kötünk egy 2 nF-os kondenzátort. Világítsuk meg a fotocellát először 400 nm-es, majd 520 nm-es hullámhosszúságú fénnyel. Első esetben a kondenzátor 1 V feszültségre, a második esetben pedig 0,276 V feszültségre töltődik fel.

a) Mekkorának adódik ebből a mérésből a Planck-állandó?

b) Mekkora töltésre töltődött fel a kondenzátor az egyik, illetve a második esetben?

c) Mekkora a fotókatódra vonatkozó kilépési munka elektrovoltokban kifejezett értéke?

A fény terjedési sebessége $c=3\cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, az elektron töltése $e=1{,}6\cdot 10^{-19}$ C.

Adatok:

$\lambda_1=400$ nm$=4\cdot 10^{-7}$ m, $\lambda_2=520$ nm$=5{,}2\cdot 10^{-7}$ m, $U_1=1$ V, $U_2=0{,}276$ V, $c=3\cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $e=1{,}6\cdot 10^{-19}$ C,

$C=2$ nF$=2\cdot 10^{-9}$ F.

a) h=?, b) Q_1=?, Q_2=?, c) W_{ki}=? (eV).

Megoldás:

a) A fényelektromos egyenlet szerint fennáll, hogy

$$h\cdot\frac{c}{\lambda_1}=W_{ki}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_1^2 \quad \text{és} \quad h\cdot\frac{c}{\lambda_2}=W_{ki}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_2^2$$

A kondenzátor addig töltődik, amíg a kondenzátor elektromos mezőjének ellentere le nem fékezi az elektronokat. Így $\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_1^2=eU_1$ és $\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_2^2=eU_2$. Ezekből az összefüggésekből:

$h\cdot\frac{c}{\lambda_1}=W_{ki}+e\cdot U_1$ és $h\cdot\frac{c}{\lambda_2}=W_{ki}+e\cdot U_2$. A két összefüggést egymásból kivonva adódik:

$h\cdot\frac{c}{\lambda_1}-h\cdot\frac{c}{\lambda_2}=e\cdot U_1-eU_2$, amiből a Planck-állandó értéke:

$$h=\frac{e\cdot(U_1-U_2)}{c\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)}=\frac{1{,}6\cdot 10^{-19}\ \text{C}\cdot(1\ \text{V}-0{,}276\ \text{V})}{3\cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot\left(\frac{1}{4\cdot 10^{-7}\ \text{m}}-\frac{1}{5{,}2\cdot 10^{-7}\ \text{m}}\right)}=6{,}69\cdot 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}.$$ 6 pont.

b) A kondenzátor töltése az első esetben: $Q_1=C\cdot U_1=2\cdot 10^{-9}$ F$\cdot$1 V$=2\cdot 10^{-9}$ C, a második esetben pedig $Q_2=C\cdot U_2=2\cdot 10^{-9}$ F $\cdot 0{,}276$ V$=0{,}552\cdot 10^{-9}$ C. 2 pont.

c) A kilépési munka értéke: $h\cdot\frac{c}{\lambda_1}=W_{ki}+e\cdot U_1$, felhasználva, hogy 1 eV$=1{,}6\cdot 10^{-9}$ J:

$$W_{ki}=h\cdot\frac{c}{\lambda_1}-e\cdot U_1=6{,}69\cdot 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}\cdot\frac{3\cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{400\cdot 10^{-9}\ \text{m}}-1{,}6\cdot 10^{-19}\ \text{C}\cdot 1\ \text{V}=3{,}4175\cdot 10^{-19}\ \text{J}=2{,}136\ \text{eV}$$

vagy a másik érték-párból

$$W_{ki} = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} - e \cdot U_2 = 6{,}69 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J} \cdot \mathrm{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{520 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}} - 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 0{,}276\ \mathrm{V} = 3{,}418 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J} = 2{,}136\ \mathrm{eV}$$

7 pont.